

IIASA-RITE国際シンポジウム

東京灘尾ホール

平成19年3月12日

温暖化抑制目標に関する 国際議論への含意

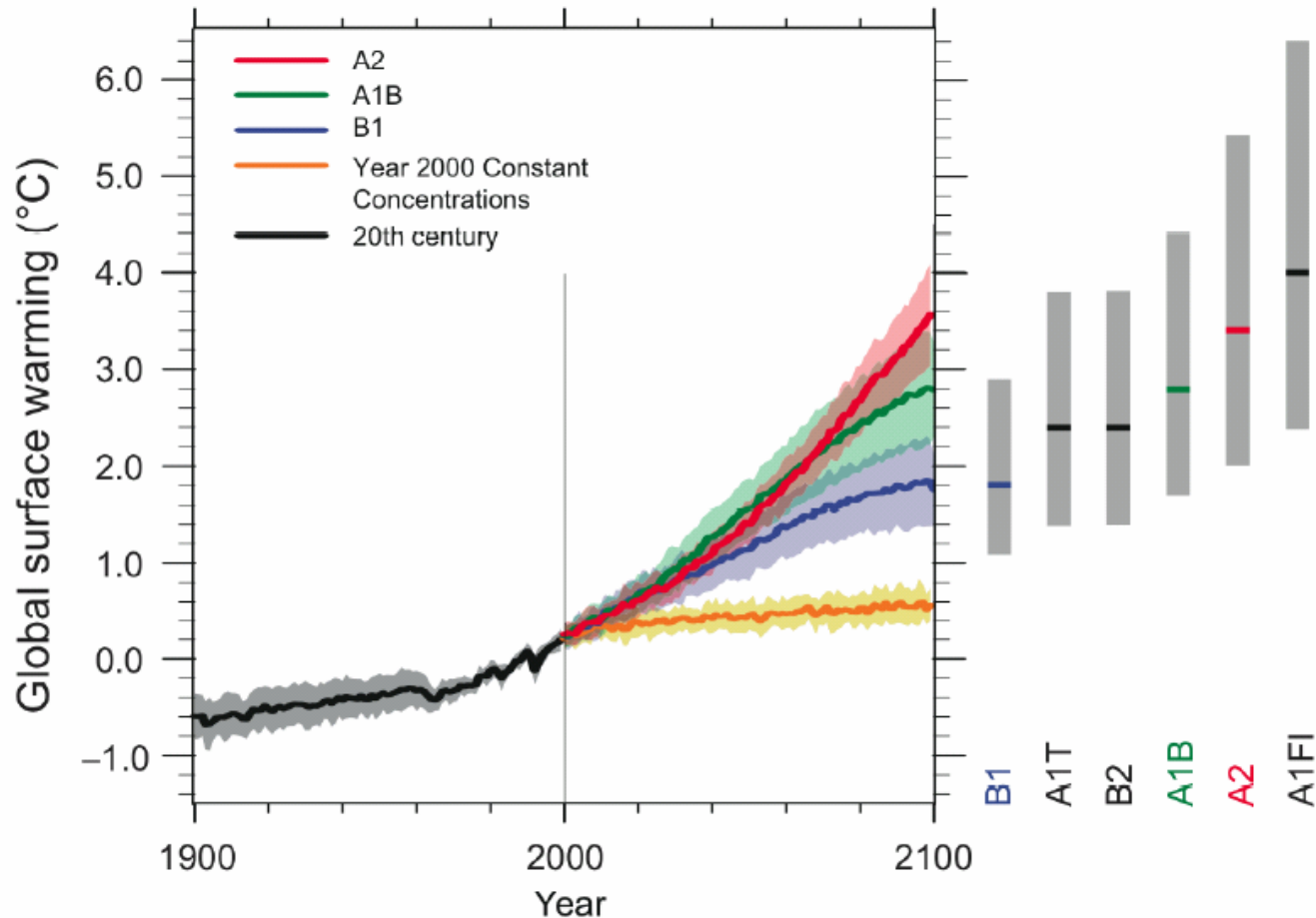
(財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)

主任研究員 秋元圭吾



IPCC 第4次評価報告書 (WG1)

- ◆ 過去100年の間に全球平均気温は 0.74 上昇
- ◆ 成り行きシナリオ (BaU、IPCC SRES 6シナリオ) では、2100年の全球平均気温上昇 1.1 ~ 6.4 と推定



地球温暖化の進行（ヒマラヤ氷河の例）



1978年



1989年



1998年

欧州環境相理事会決定（2005年3月）

- ◆ 気候変動枠組条約の究極目標を達成するため、全球年平均気温の上昇幅が、産業革命以前のレベルに比べて2℃を超えてはならないことを再確認する。このためには、最近のIPCCでの研究によると、550ppm（二酸化炭素換算）をはるかに下回る濃度での安定化が必要である。

欧州理事会決定（2005年3月）

- ◆ 気候変動枠組条約の究極目標を達成するため、全球年平均気温の上昇幅が、産業革命以前のレベルに比べて2℃を超えてはならないことを再確認する。

欧州委員会による理事会への伝達文書（2007年1月）

- ◆ 全球年平均気温の上昇幅が2℃を超えないようにするために、2050年で少なくとも基準年比(主に1990年比) 50%温室効果ガス排出を削減する必要有り。途上国との差異を考えると、先進国は60～80%削減すべき。そのためには2020年までに30%削減すべき。
- ◆ EUは単独であっても2020年に20%削減、世界の協力が得られれば30%削減を実施すべき

Stern Review

- ◆ 英国財務相の委託によって、N. Stern 卿らが「気候変動の経済学」（通称：Stern Review）をまとめ、2006年10月に公表された。

< 主要な結論 >

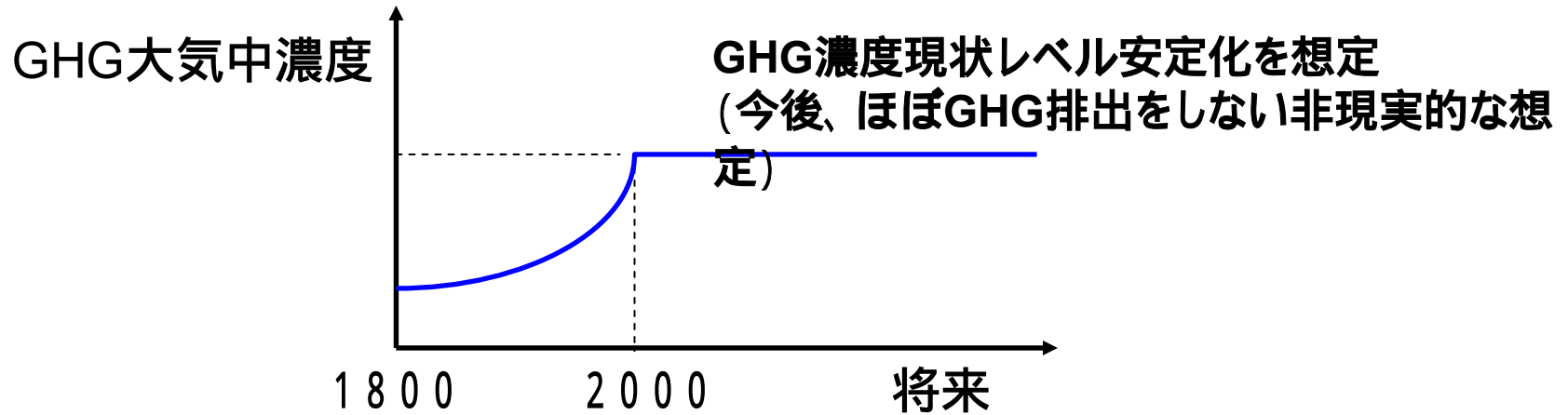
- ◆ 対応策を講じなかった場合の費用は、GDP比5%強～20%
- ◆ 450～550 ppmvCO₂eq.のレベルに抑えられれば、気候変動がもたらす最悪の影響はかなり減少
- ◆ 500～550 ppmvCO₂eq.に抑えるための費用は世界の年間GDPの1%程度と推定され、何もしなかった場合のリスクに比べればずっと低い費用で達成が可能
- ◆ 450 ppmvCO₂eq.に抑えるのは非常に困難で費用もかかりすぎる
- ◆ 早期に断固とした対応策をとることによるメリットは、対応しなかった場合の経済的費用をはるかに上回る

明確な濃度安定化目標の記載はないものの、暗に500～550 ppmv CO₂eq.濃度安定化を推奨しているものと解釈できる。（Stern ReviewではSO_xの冷却効果は考慮されていないので、冷却効果を考慮すると、450～500 ppmvCO₂eq.前後に相当し、EU方針とほぼ整合的）

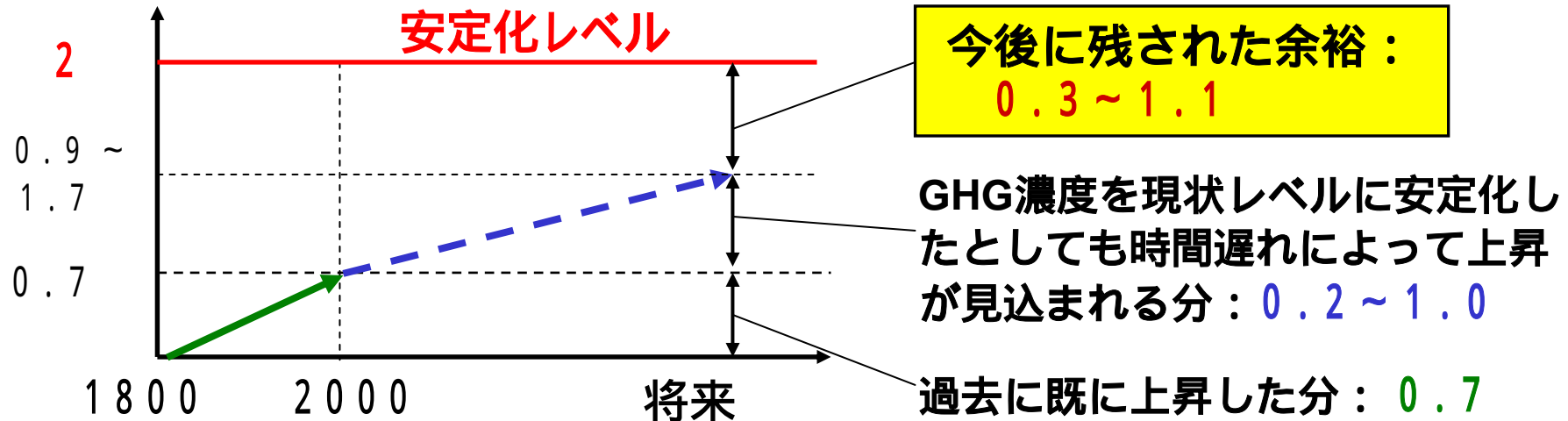
PHOENIXにおける取り組み

- ◆ 断固たる温暖化対応方策が必要なことは疑いの余地がない。
- ◆ しかし、この問題の複雑さ、広がり大きさ、解決の困難さゆえに、冷静にこの問題を把握し、どう対応すべきかを検討する必要がある。
- ◆ PHOENIXでは、温暖化影響・適応、緩和策を総合的に評価し、温暖化問題全体のシステムの把握に真正面から取り組んだ。
- ◆ PHOENIXから何が言えたのか、何が問題として残っているのかを、PHOENIXと同様に温暖化影響・適応、緩和策の総合的な評価を行ったStern Reviewとの比較を中心に、以下に見ていくこととしたい。

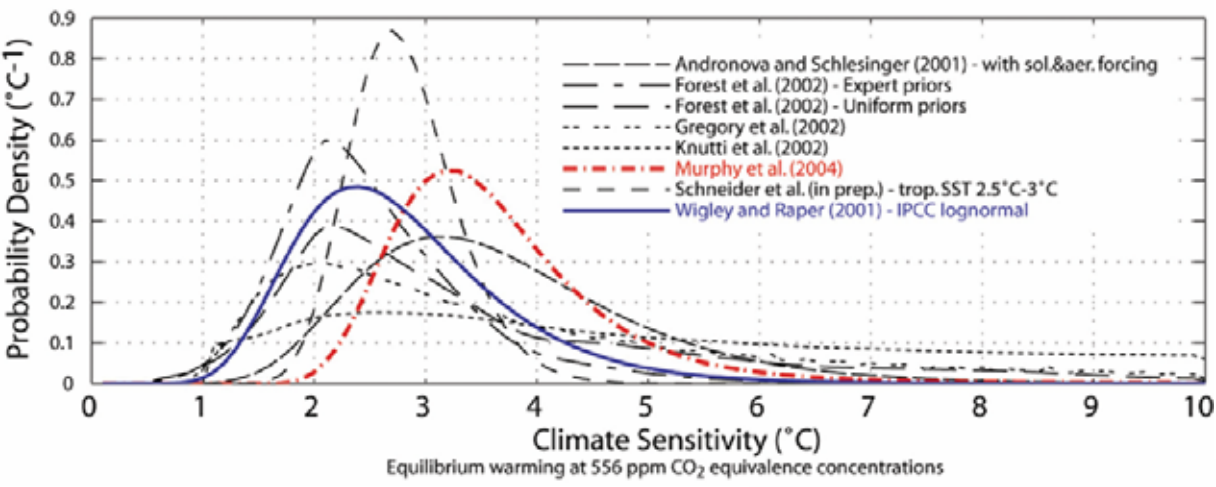
2 安定化目標の意味（気温上昇の時間遅れ）



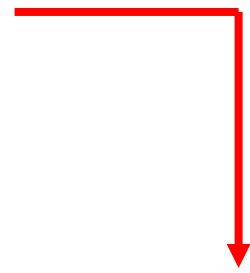
全球平均気温上昇



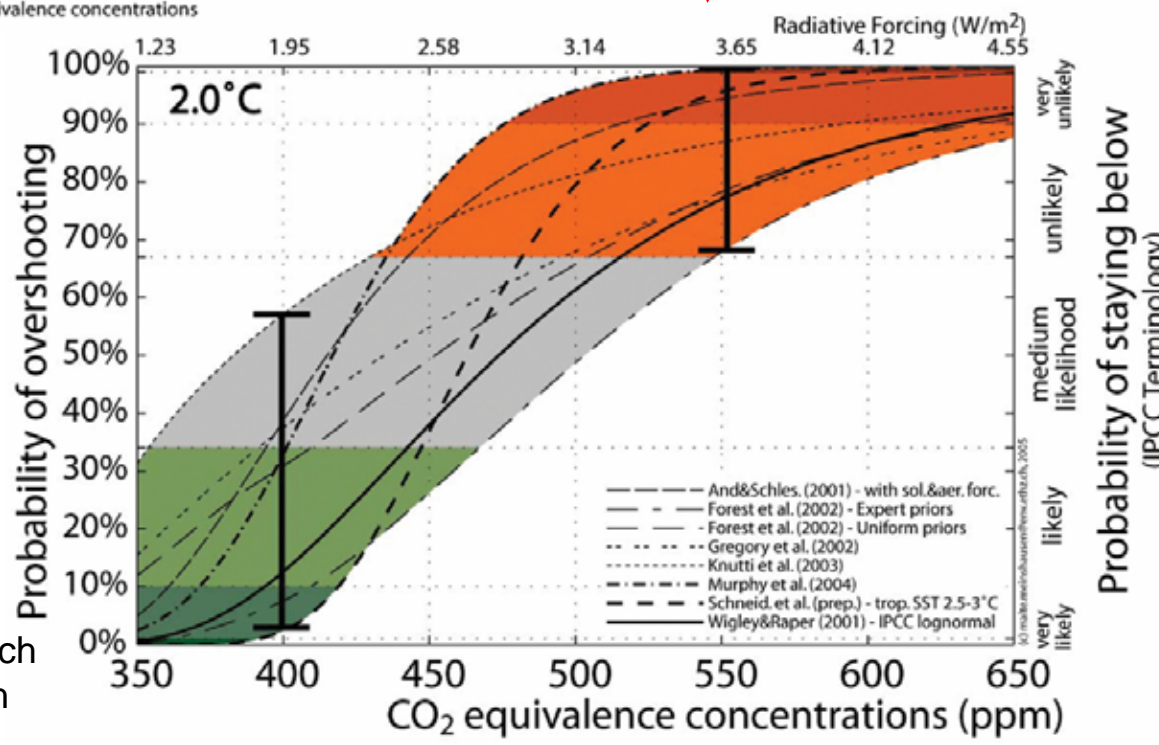
2 安定化目標の意味（必要な濃度安定化レベル）



8種類の気候感度の確率密度分布を基に2をオーバーシュートする確率を導出

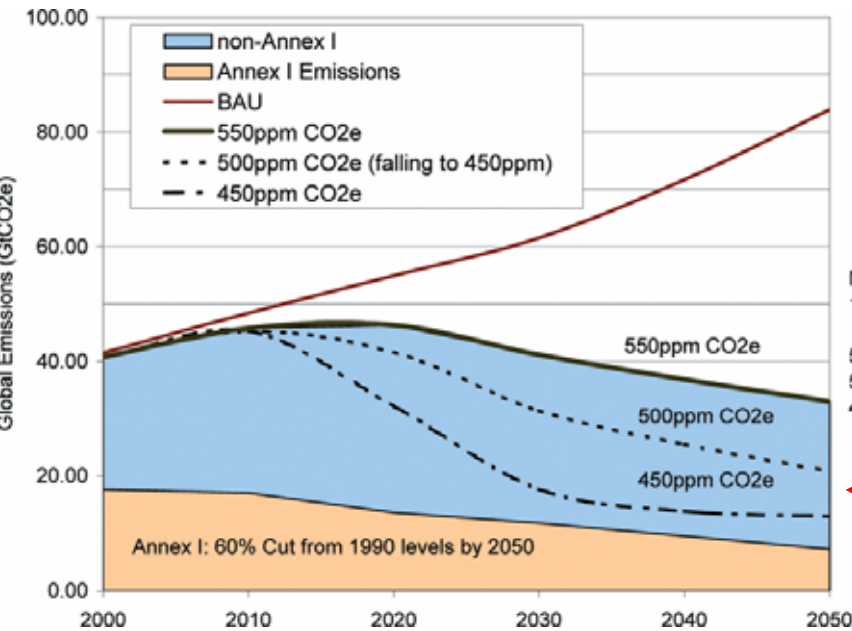


2をオーバーシュートする確率は、400 ppmvCO₂eq.で安定化しても数% ~ 60%程度、550 ppmvCO₂eq.では70% ~ 100%程度と評価



出典) B. Hare & M. Meinshausen, "How much warming are we committed to and how much can be avoided?" *PIK Report No.93*, 2004

2 安定化目標の意味（必要な排出削減量）



Annex I: 2050年60%削減

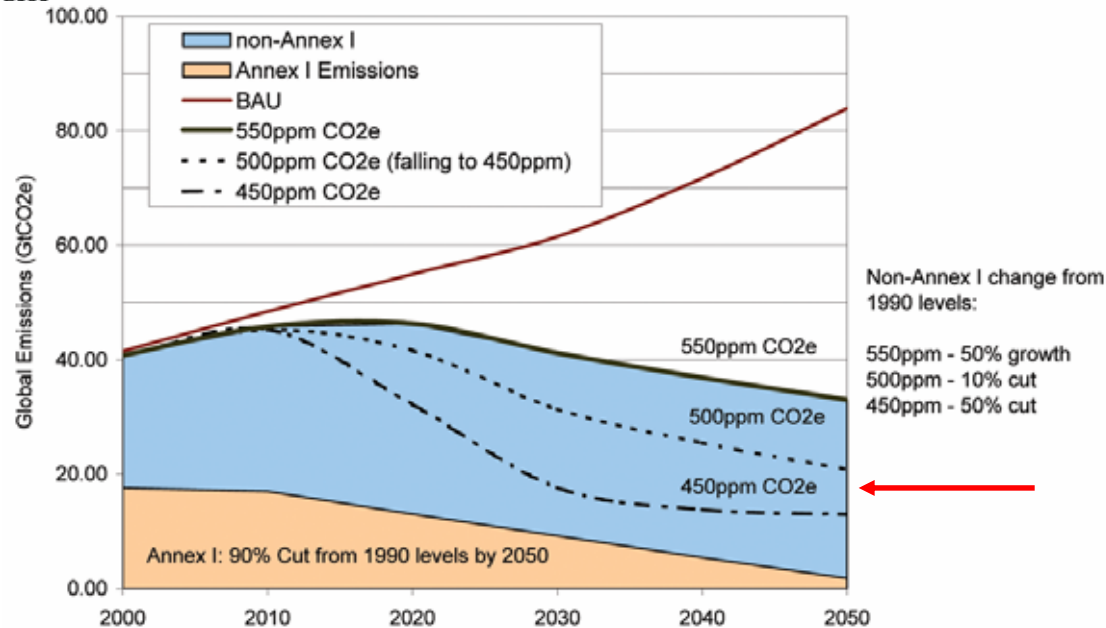
たとえ、先進国が大幅な削減を行ったとしても途上国も大幅な削減が必要

Non-Annex I change from 1990 levels:

550ppm - 25% growth
 500ppm - 35% cut
 450ppm - 70% cut

← 2 安定化

Annex I: 2050年90%削減



注) ここでの等価CO₂濃度 (Stern Review) にはSO_xの冷却効果は含んでいないため、SO_xの冷却効果も含んだ等価CO₂濃度となっている前のスライドの濃度とは直接的な対応は取れないが、SO_xの冷却効果を含む場合に比べて、おおよそ50ppmvCO₂eq程度高い濃度。
 出典) Stern Review, 2006

気候変動枠組条約第2条（目的）

この条約及び締約国会議が採択する関連する法的文書は、この条約の関連規定に従い、**気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極的な目的とする。**

そのような水準は、**生態系が気候変動に自然に適応し、食糧の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができるような期間内に達成されるべきである。**

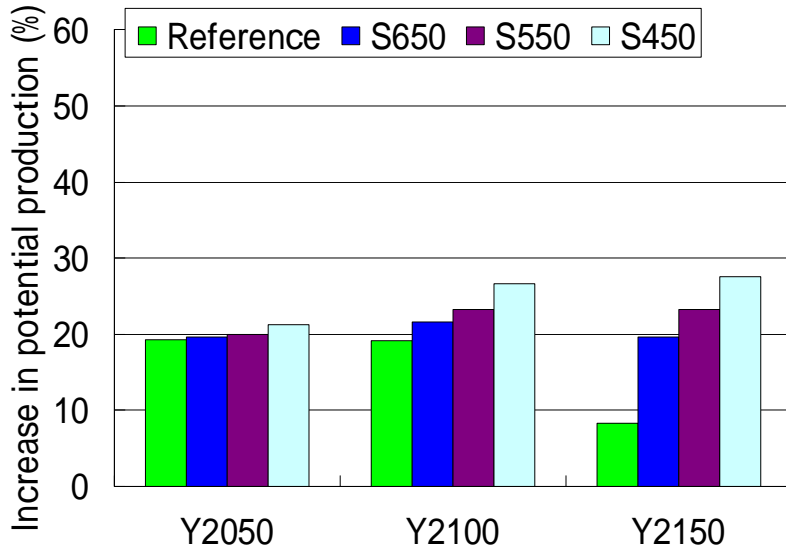


この「究極目標」に合致する目標はいかなるものか？
また、どのようにアプローチすべきか？

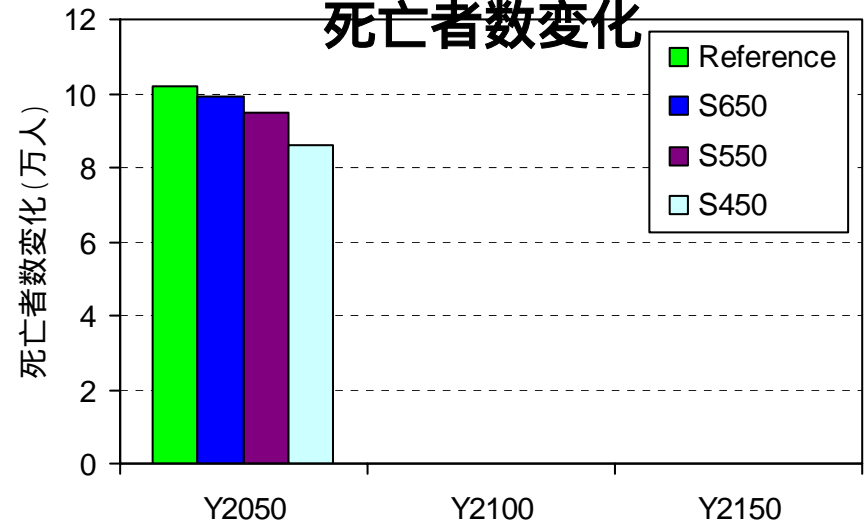
- ◆ 限りある資源を有効に使い全体的な最適性を追求するためには、基本的には、この問題を費用便益（CBA）的に考えるしかない
- ◆ しかし、温暖化問題特有の事柄に留意しなければならない
 - 温暖化影響の部門間統合の問題：CBAのためには、様々なタイプの温暖化影響をすべて金銭換算しなければならないが、事実上不可能
 - 地域間統合の問題：CBAでは、金銭換算され算出された温暖化被害額を地域間で統合することになるが、例えば、島嶼国の被害額は世界全体からは大きくないが、それを看過できないと思う人もいるだろう。
 - 時点間統合の問題：金銭換算され算出された時点毎の温暖化被害額の統合方法。割引率といった便宜的なパラメータを用いて統合されることが多いが、将来世代の負担をどのように見るかは千差万別。
 - 不確実性の大きさ
- ◆ リスクとリスク認知は、分けて考えるべき

濃度安定化レベル別の温暖化影響の評価（例）

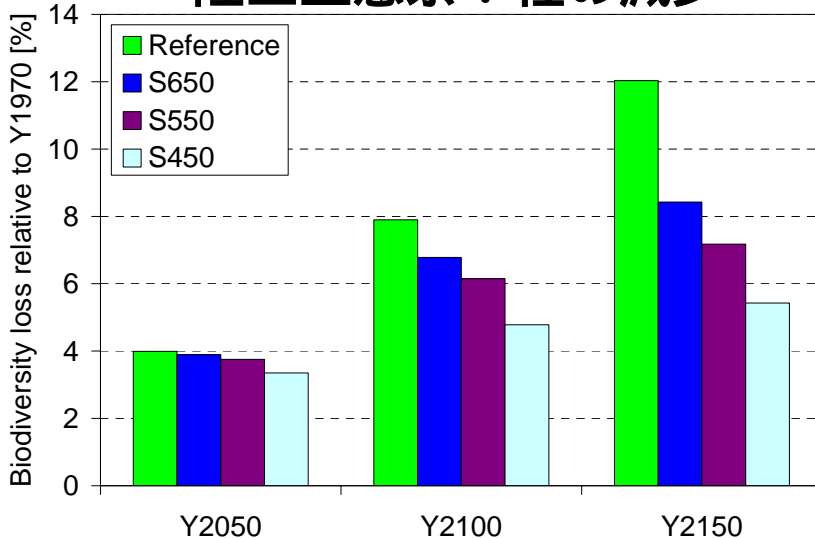
小麦の生産ポテンシャル変化



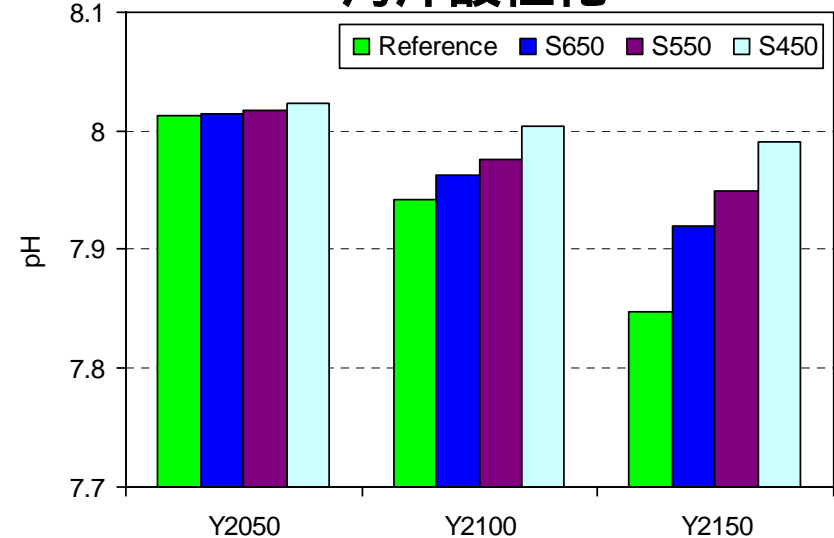
温暖化要因でのマラリアによる死亡者数変化



陸上生態系：種の減少



海洋酸性化

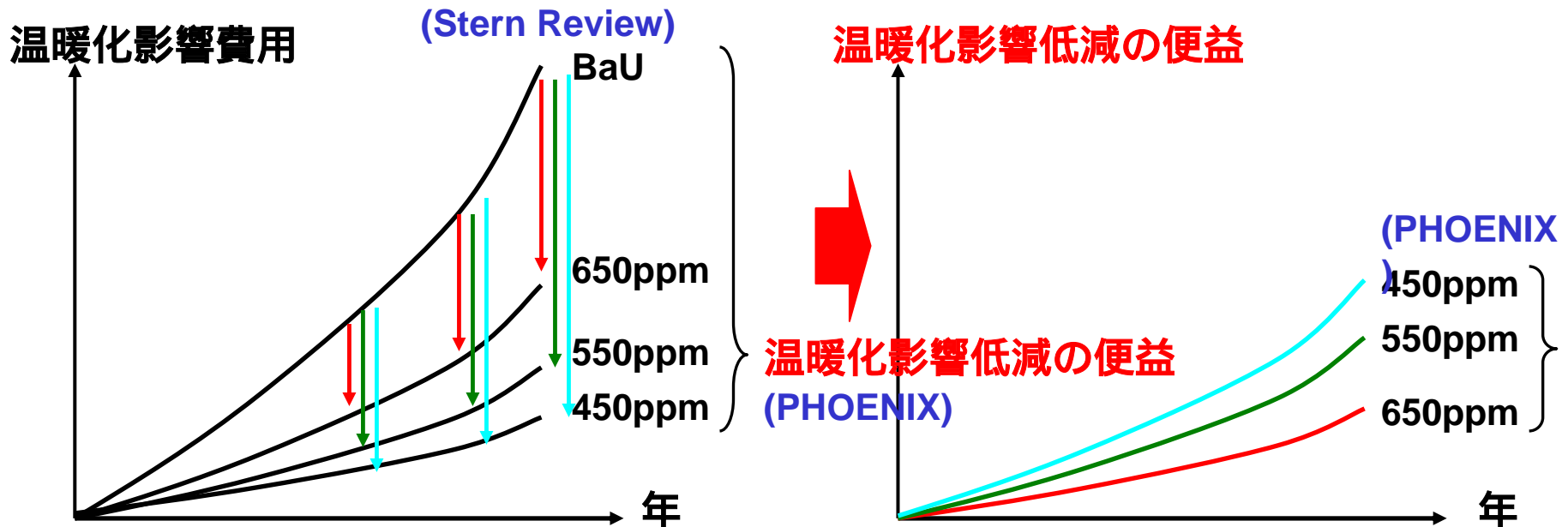


PHOENIXとStern Reviewの主要な差異

	Stern Review	PHOENIX
望ましい濃度安定化レベルを言及するためのアプローチ	温暖化緩和費用(GDP損失)と、緩和策を取らない場合の温暖化影響の被害額をそれぞれ算出。両者を比較し、望ましい濃度安定化レベルに言及。費用便益的に考えてはいるものの、実際には 費用便益分析にはなっていない 。	温暖化低減による便益とそのための費用を算出。専門家に影響項目間、緩和コストの重み付けをしてもらい、それを元に 費用便益分析 を実施。その結果を元にしつつ、現時点では定量化できない温暖化影響や世代間・地域間の衡平性なども考慮した上で、最終的に望ましいと考える濃度安定化レベルを専門家が決定。
評価において用いられたベースシナリオ	~ 2100年まで: IPCC SRES A2 2100-2200年:世界人口0.6% p.a.で増大(2100年:150億人、2200年:270億人) 《ただしA2は温暖化影響の評価のみに利用。 緩和コストはB2ベース 》	~ 2100年まで: IPCC SRES B2 (人口中位、一人当たり経済成長中位) 2100-2200年:世界人口0.06% p.a.で増大(2100年:100億人、2200年:110億人) 《 温暖化影響・緩和策評価ともに整合的に利用 》
温暖化影響の金銭換算	市場的影響として2200年GDP比5%、 非市場影響など様々な面を考慮すると20%。しかしその根拠は不透明	温暖化影響は項目毎にそれぞれの指標で算出。その上で、その情報を基に専門家が判断。その 導出プロセスは明瞭 。
温暖化緩和費用の見積もり	500-550 ppmv-CO₂eq.安定化は2050年まではGDP比1%未満 。ただし、450 ppmv-CO ₂ eq.安定化は費用がかかりすぎ、非現実的	550 ppmv(CO₂only)安定化はGDP比1%未満 。ただし、 450 ppmv (CO₂ only)はGDP比10%以上となる可能性有り 。それを回避するためには、2030年頃までに運輸部門における革新的なCO ₂ 排出削減技術の導入が不可欠

費用便益分析 (CBA) の方法

- ◆ Stern Reviewにおいても、温暖化影響の費用と緩和策の費用の双方を算出し、CBA的に考えようとしている。
- ◆ しかし、CBAでは、温暖化緩和費用と、緩和を行うことによって温暖化影響費用が低減された**便益とを比較**しなければならない（濃度安定化を行っても温暖化影響は現れる）が、Stern Reviewでは対策を講じなかった場合（BaU時）の影響費用しか算出していない。
- ◆ Stern Reviewの報告にある、BaU時の温暖化影響費用（GDP比5～20%）と、500～550 ppmvCO₂eq.に抑えるための緩和費用（GDP比1%）との比較は意味がない。



ベースラインシナリオの違い

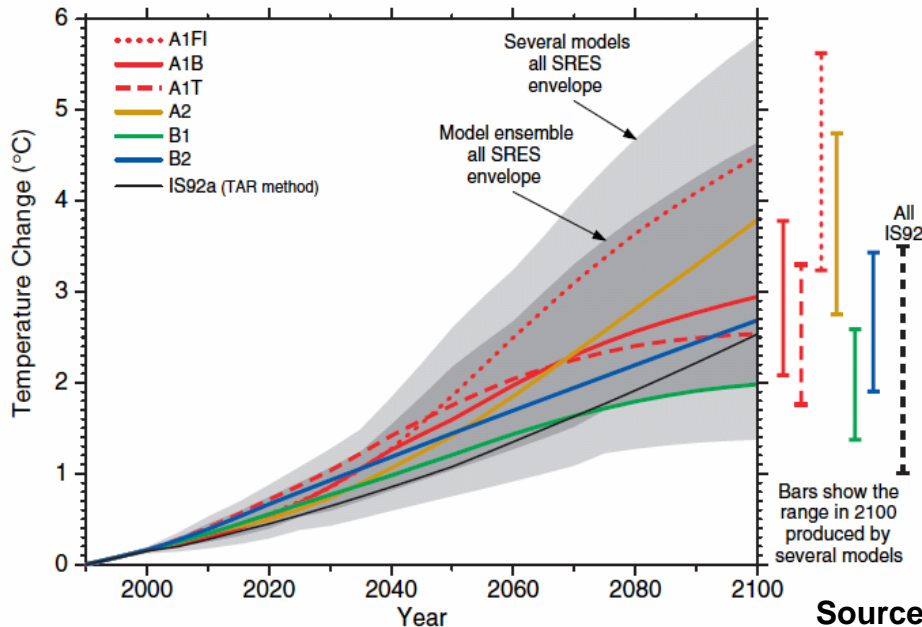
- ◆ **Stern Review** : 温暖化影響費用についてはIPCC **SRES A2**シナリオで評価、緩和費用についてはIPCC **SRES B2**シナリオを中心に評価

< SRES A2 > 世界人口 : 150億人(2100年)
 270億人(2200年) : Stern Review独自の想定
 経済成長 : 低位

- ◆ **PHOENIX** : 温暖化影響・緩和ともに、IPCC **SRES B2**の下で統合的に評価

< SRES B2 > 世界人口 : 100億人(2100年)
 110億人(2200年) : PHEONIX独自の想定
 経済成長 : 中位

注) PHOENIXでは、補足的ながら、A1FIシナリオについても温暖化影響・緩和で統合的に評価



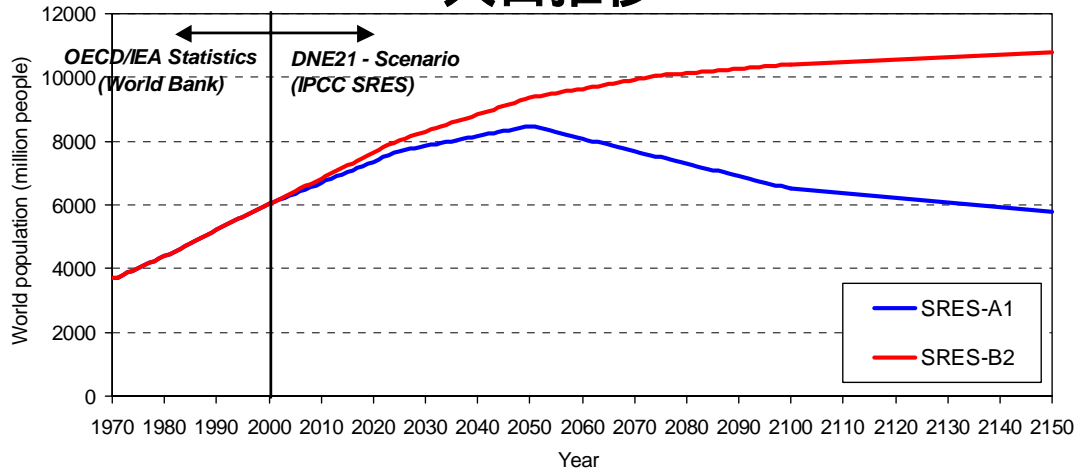
Source: IPCC, TAR, 2001

A2シナリオの場合、以下の要因で温暖化影響が大きく算出される

- 排出量が多い : 影響が大きい
- 人口大 : 被害人口が多い
- 経済成長低 : 適応能力が低い

シナリオの違いによる温暖化影響の差異 (1/2)

人口推移



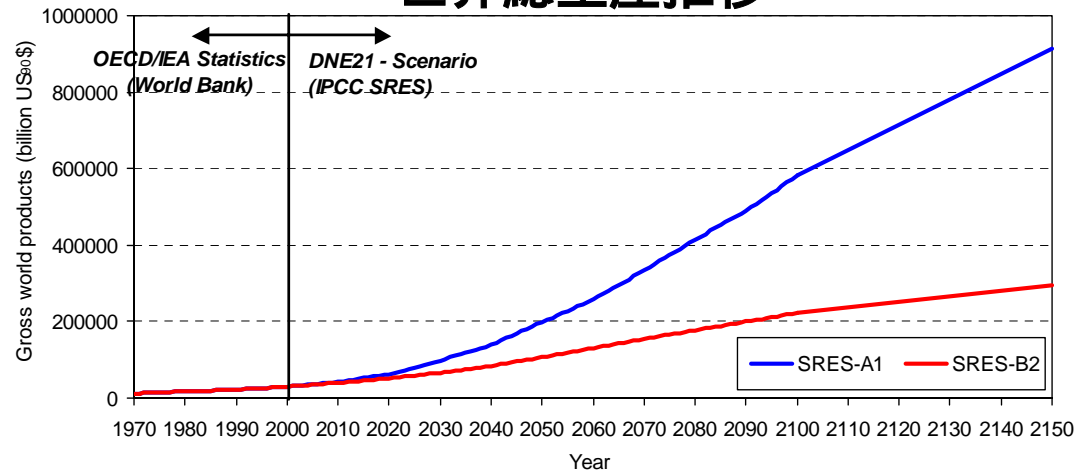
B2

人口：中位、経済成長：中位

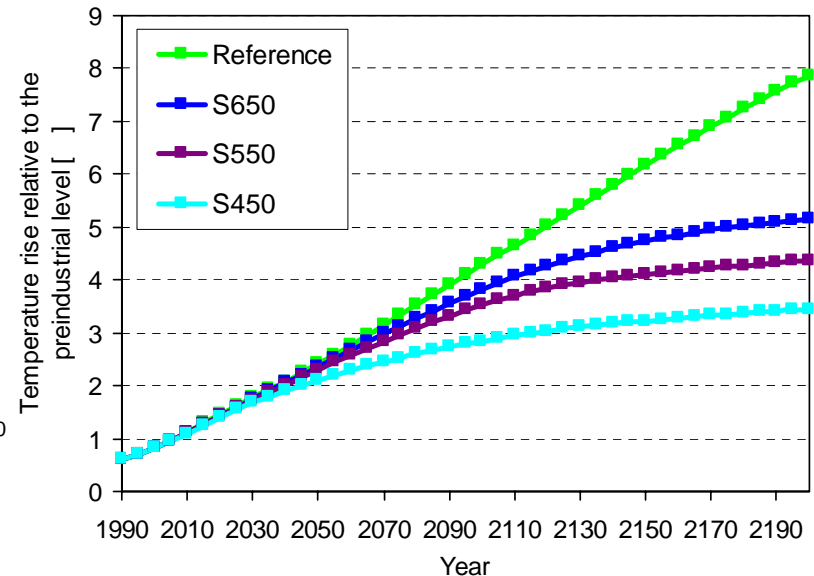
A1

人口：低位、経済成長：高位
(A1FI：化石燃料依存型)

世界総生産推移



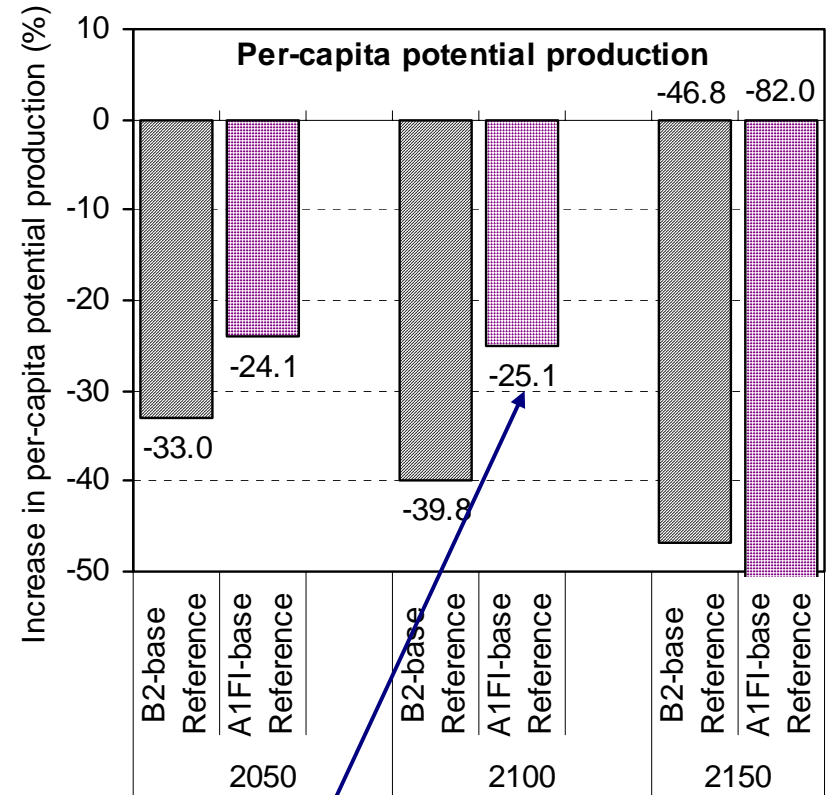
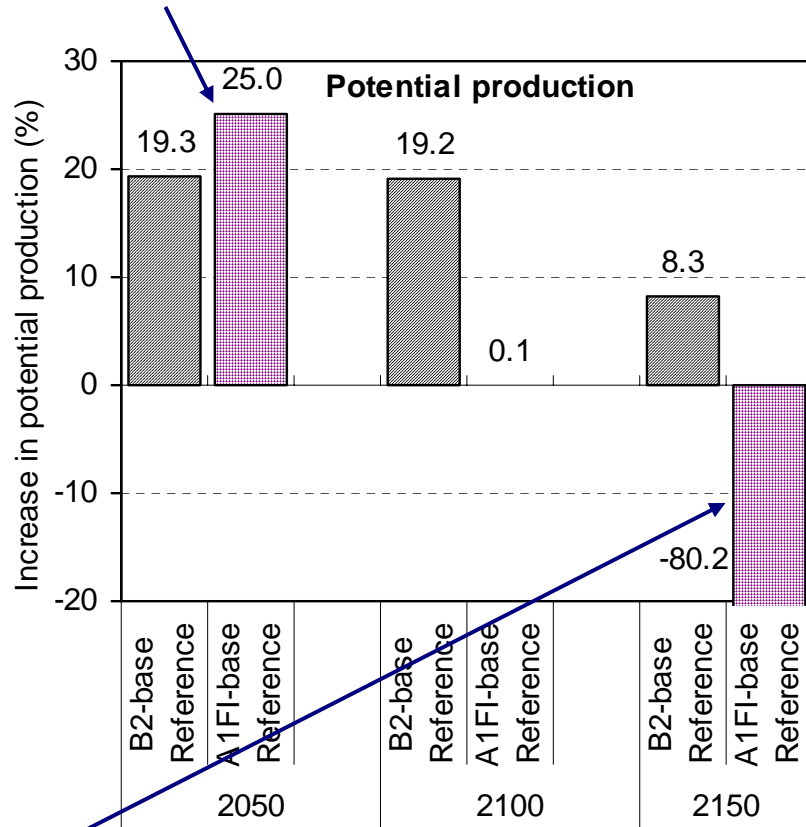
A1ベースの年平均気温変化



シナリオの違いによる温暖化影響の差異 (2/2)

A1FIでは経済成長が大きいいため、農業生産性の向上も早く、気温上昇がB2よりも大きくても生産ポテンシャルは大きくなる可能性が推定される。

小麦への温暖化影響の差異 (PHOENIXにおける評価例)

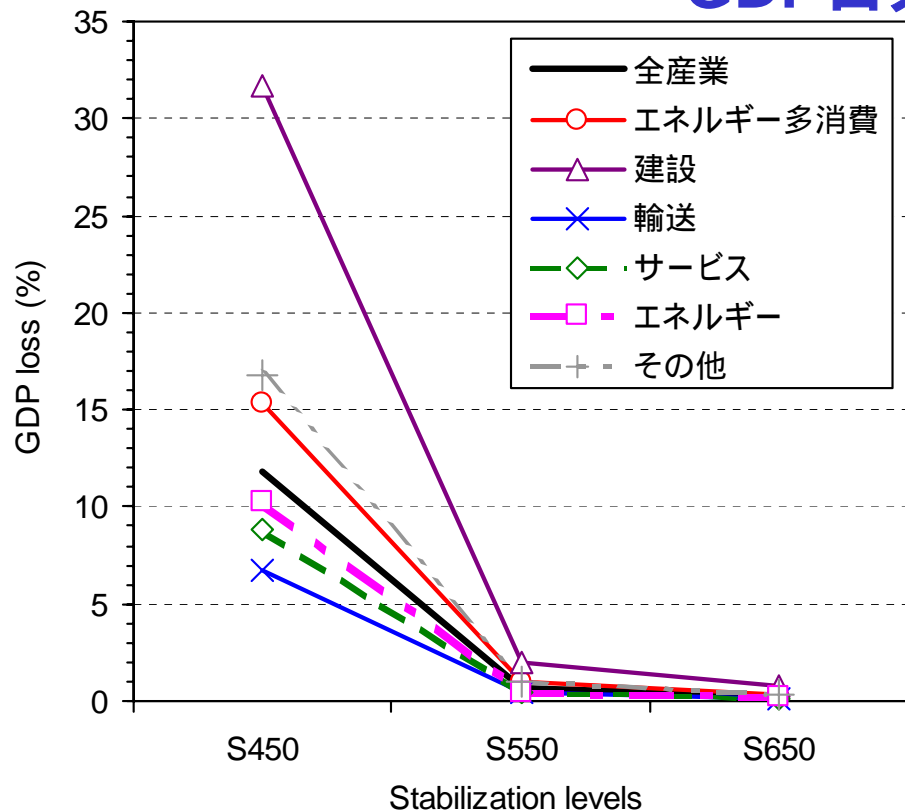


A1FIでは気温上昇レベルが高いため、2150年になると生産ポテンシャルが減少に転じている

A1FIは人口が少ない想定のため、気温上昇は大きいものの、2100年頃までは、一人当たりの生産ポテンシャルの減少は、B2よりも小さい。

PHOENIXにおける濃度安定化レベル別の緩和費用推定 (DEARSモデルによる)

GDPロス (2047年)



仮想的に部門別のCO2排出原単位を減少させたときの効果 (排出削減技術導入の効果)

通常シナリオにおけるGDPロス	CO2原単位削減部門 (50%削減)	GDPロス
11.8%	→ 鉄鋼部門 →	11.6%
	→ ビジネスサービス部門 →	11.4%
	→ 輸送部門 →	1.8%

- ◆ 450ppmvでは技術的な削減方策が尽きてくるため、達成のためには、輸送部門の活動の縮小が必要になる。輸送部門の縮小は、経済活動全体の縮小をもたらし、極めて大きなGDPロスとなり得ることが示唆される。
- ◆ この場合、GDPロスの緩和には、2030年頃までに輸送部門においてCO2原単位を大幅に改善する革新的技術を比較的安価に大規模に導入することが不可欠

温暖化影響の金銭換算・非市場影響等の考慮

- ◆ Stern Review : 温暖化影響による一人当たりGDPロス

市場影響 + 非市場影響 + ポジティブ FB + 南北格差

2100年 : 0.9%

2200年 : **5.3%** → 11% → 13.8% → **20%**

5.3% 20%への算出の過程が明確とは言えない。

- ◆ PHOENIX : 望ましい濃度安定化レベル

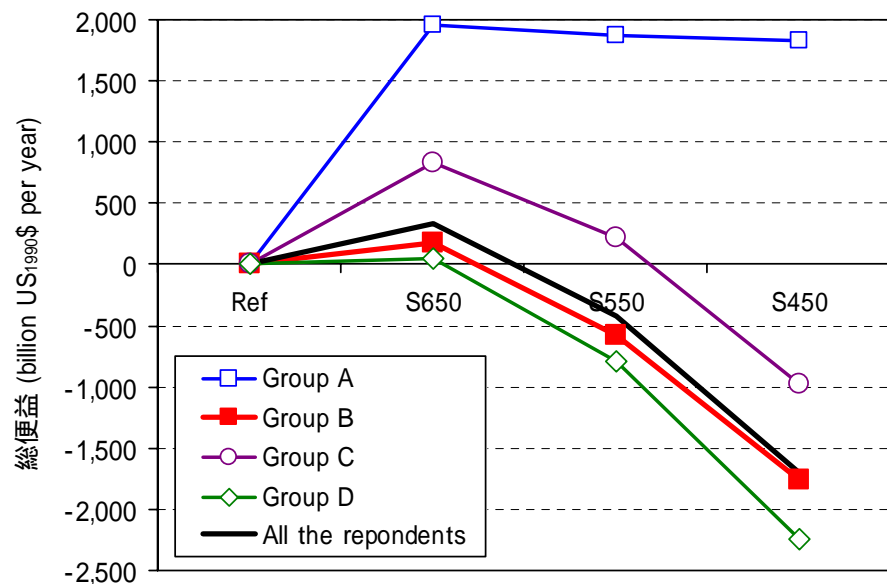
第1ステージ : 定量的評価が比較的可能な温暖化影響5事象
(海面上昇、食糧生産、健康、陸上生態系、THC崩壊)
と緩和コストの相対的な重要度(EJによる)と
定量的な評価結果を基に、CBAで算出。

650 ppmv (CO₂ only)程度

第2ステージ : 第1ステージの結果に加え、その他の温暖化影響項目、
地域的な影響の差異(南北格差)、時点間の影響の
差異(世代間の衡平性、割引率の問題)を含んだ情報
を基にエキスパートが再度判断。

550 ppmv (CO₂ only)程度

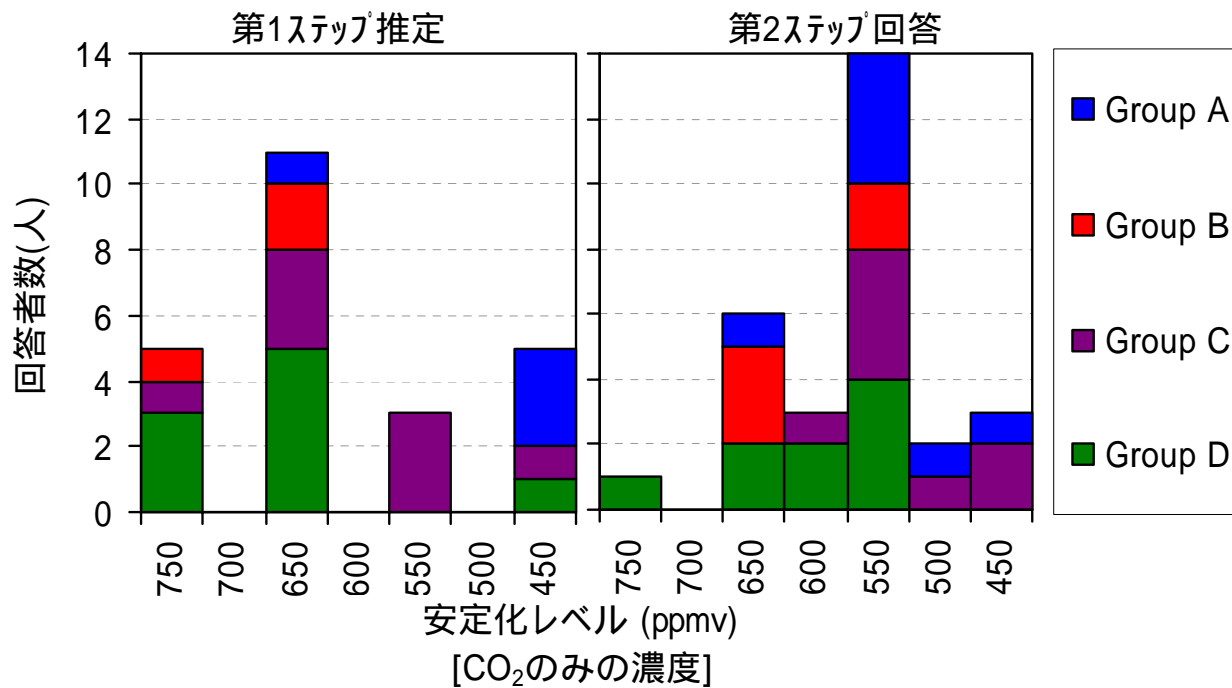
専門家による価値判断



第1段階 (CBA的簡易評価による推定結果) ほとんどの専門家グループで**650 ppmv(CO₂only)**程度を望ましい濃度安定化レベルと見なしていると推定された。

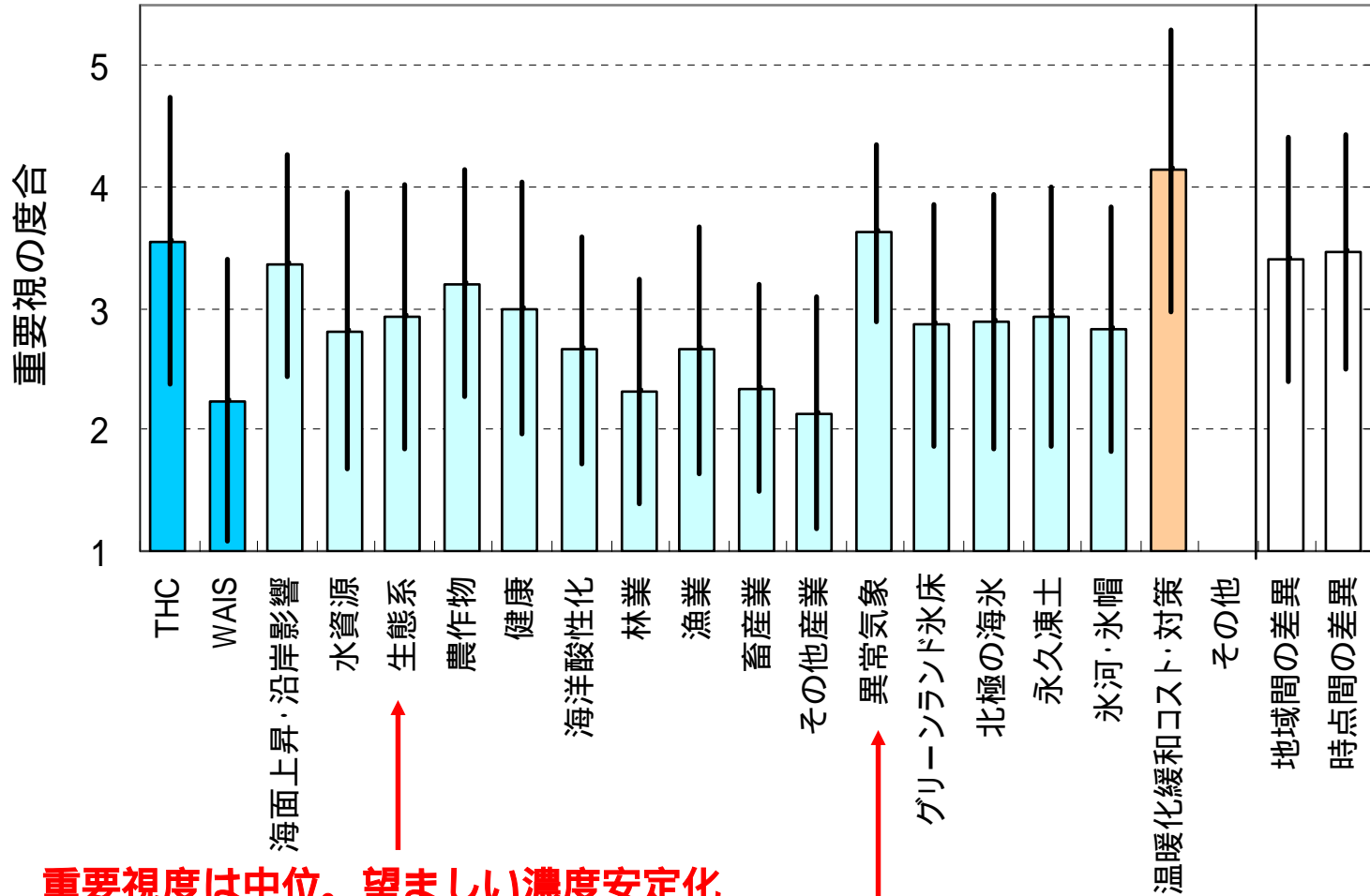
第2段階の結果

5つの影響事象以外の影響、および時点毎の影響や地域間の差異等を含めた最終的な(第2段階の)判断では、**550 ppmv(CO₂only)**程度を望ましいと考えた回答者が多い結果となった。



専門家が重要と考えた項目と 望ましい濃度安定化レベルに寄与した項目

項目別の重要視度



重要視度は中位。望ましい濃度安定化
レベルとは有意な相関あり

多くが重要と考えたが、望ましい濃度安定化レベルとの相関は無し

PHOENIXからのメッセージ（1/2）

- ◆ 温暖化は確実に進行しており、大幅なるCO₂排出削減が断固として必要。
- ◆ PHOENIXによる評価からは、日本の専門家は大気中CO₂濃度安定化レベルとして、550 ppmv-CO₂ only程度が望ましいと考えていることが明らかになった。
- ◆ なお、これは、温暖化影響と緩和の双方について、高度にシステムの的に整合を取った分析を介して得られた結果である。
- ◆ 一方、温暖化影響は、適応の余地も大きく、経済状況などの社会環境に大きく依存する。これらは濃度安定化レベル以上に、温暖化影響に大きな差異をもたらし得る。
- ◆ 仮に今すぐにCO₂濃度を安定化しても、現在から更に1 前後の気温上昇は不可避。また、海面は更に時間遅れをもって上昇する。緩和策と共に、適応策およびそれを実施するための枠組みの検討をより充実させていくことが必要。

PHOENIXからのメッセージ（2/2）

- ◆ 緩和コストの面からは、GDPの大幅な低減を避けるには、技術がキーを握っている。技術の開発、普及戦略と切り離して、望ましい濃度安定化レベルを論じることはあまり意味をなさない。
- ◆ 望ましい濃度安定化目標は、緩和コストや適応機会に大きな影響を及ぼす技術進展や社会進展と不可分であり、それら全体像の中で議論しなければならない。
- ◆ 一方、日本における気候問題の専門家においても、望ましい濃度安定化目標への見方は未だ大きな差異を有している。例えば、生態系影響への見方の差異は、望ましいと考える濃度安定化レベルと比較的相関が強い結果が得られたが、どのような事象に対して価値判断に差異が生じているのかを今後更に明確にしていくことは重要。
- ◆ 持続可能な発展の文脈における様々な政策が、気候変動問題と調和し、温暖化緩和を促進するような枠組みとするにはどうすべきかの検討は、実効ある温暖化防止という面で、今後の重要な課題。